УДК 531/534+530.1(075)

# НАТУРНО-ВИРТУАЛЬНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО И ЭЛИТНОГО ОБУЧЕНИЯ

В.В. Ларионов

Томский политехнический университет
E-mail: larionov@fnsm.tpu.ru

*Рассмотрены концептуальные аспекты натурно-виртуального физического практикума для проблемно-ориентированного и элитного обучения. Приведены конкретные этапы и элементы структурной схемы этого вида занятий и даны примеры их методического обеспечения.*

Практически каждые полтора-два года объем информации удваивается. Поэтому для образовательных целей знания интегрируют и адаптируют. Эти процессы тесно связаны с элитной подготовкой специалистов в области техники и технологий [1]. Необходимый элемент осуществления такой подготовки – проблемно-ориентированное обучение (ПОО) [2].

Применение ПОО в физике возможно при изменении целеполагания и посредством дополнения натурного эксперимента виртуальным практикумом и проектно-виртуальными задачами. Это связано с тем, что зрительное восприятие, являясь интеграционным, повышает скорость обучения, сокращает объемы малозначимой, "ненужной" информации. Кроме того, технологические и технические модификации учебного физического объекта наиболее эффективно осуществляются в натурно-виртуальном виде. Разработка методических материалов, одновременно удовлетворяющих этим целям, представляет сложную и трудоемкую задачу. Однако ее решение возможно, если в физическом практикуме создать соответствующие схемы проблемно-ориентированного обучения.

Разработка элементов натурно-виртуального физического практикума для проблемно-ориентированного и элитного обучения является целью настоящей статьи.

Согласно современным требованиям к подготовке элитного специалиста, студенты должны уметь модифицировать физическую систему и выделять ее новые элементы, уметь прогнозировать изменения изучаемого объекта. Ясно, что наиболее просто модификация физической системы производится в виртуальном или натурно-виртуальном процессе, в условиях четкого понимания целей выполняемой деятельности, при сохранении традиций фундаментального физического образования. Натурно-виртуальный практикум, включающий и зрительное восприятие, и интеграционный механизм, позволяет быстро продвигаться по этому пути, удовлетворяя всем названным условиям. Современные программные средства, типа FEMLAB.2.3, способны интегрировать практические знания по физике с достаточной скоростью, позволяют быстро обучаться создавать новое, как в личном плане, так и корпоративном. В результате при проблемно-ориентированном обучении физике в натурно-виртуальном аспекте можно не только осваивать фундаментальные знания, технические идеи и технологии, но и быстро объединять их, применяя корпоративные формы изучения.

Рассмотрим возможные этапы корпоративного решения "задач" в лабораторном практикуме при ПОО и при "ведении" виртуальных проектов:

*Первый* – постановка проблемы для группы студентов, приступающих к выполнению проекта (в Томском политехническом университете это происходит в группе студентов 2 курса физико-технического факультета и студентов 3 курса факультета естественных наук и математики). Проект выполняют подгруппы из трех человек. На выполнение проектов отводится около 25 % от общего аудиторного времени. (Анализ результатов работы происходит во время дополнительных консультационных занятий, предусмотренных распоряжением заведующего кафедрой и декана). Для краткости этап в дальнейшем будем называть – проблема как она дана (ПКД).

*Второй* – ответы руководителя ПОО на вопросы и предложения, возникающие у членов группы

после первого занятия. Тем самым выделяются элементы проблемы, т.е. ее структура. Эта стадия "превращения неизвестного в известное".

*Третий* – превращение ПКД "в проблему как ее поняли студенты". На этом этапе разнообразная информация разделена для исследования, т.е. конкретное и определенное по структуре и цели задание.

*Четвертый* – постановка вопросов, вызывающих аналогии. Это стадия операциональных механизмов, т.е. поиск аналогов. На этом же этапе проводится тестирование по техническому усовершенствованию найденных аналогов.

*Пятый* – "превращение известного в неизвестное". ПКПС должна рассматриваться как чужая! Только в этом случае проекту сопутствует инновационный успех, т.е. можно приступать к решению поставленной проблемы. Это стадия "неоперационального решения".

*Шестой* – завершение технического осмысливания "проблемы, как ее понимают студенты" на основе аналога. На этой стадии идеи воплощаются в практику путем создания нового виртуального прибора или лабораторной установки, или её элементной схемы, включающей методы измерения физических параметров и т.д. Очень важно, что здесь аналогия является самостоятельным элементом решения проблемы и не имеет ничего общего с традиционными аналогиями, используемыми студентами для решения типичных задач семинарских занятий по стандартным задачникам.

Схема виртуального устройства, как правило, дополняется информацией о реальных приборах и отдельных деталях, найденных по каталогам или просто в магазине. Их фотографии-слайды, сделанные в цифровом формате, заносятся в файлы проекта. Отдельные характеристики виртуального объекта определяются на стандартных лабораторных установках. Но модификация и преобразование установок проводится в виртуальном виде. Это одна из схем и требований натурно-виртуального практикума.

В качестве примера приведем изучение темы: "Тепловое излучение". Была поставлена следующая проблема: "Сделать такую крышу, которая имела бы экономические преимущества по сравнению с обычной крышей. Анализ показал, что экономическое преимущество будет в том, случае, если летом она имеет белый цвет, а зимой – черный. Белая крыша, отражая солнечные лучи, уменьшит расход энергии на работу кондиционера, а черная крыша, поглощая тепло, сведет к минимуму расходы на отопление". Приведем возможную схему дискуссии по обсуждению проблемы изготовления материала нового образца. В ходе игрового обучающего занятия можно поставить следующие вопросы. Что или кто в природе меняет свою окраску? Ласка и белка. Но они меняют окраску два раза в год. Нельзя же менять материал покрытия или красить крышу два раза в год! Однако в данном случае проблема сложнее, т.к. крыша должна менять свой цвет не два раза в год, а тогда, когда греет солнце. Известно, что камбала, как и хамелеон, меняет окраску. Становится белой, когда лежит на белом песке, и темной, когда лежит на песке темного цвета. В глубоких слоях ее кожи есть темные пигментные клетки, которые выталкиваются на поверхность, камбала становится темной. Когда темный пигмент уходит с поверхности, кожа становится светлой. Этот аналог [3] можно распространить на проблему материала. Нужно сделать такой материал, который бы имел темный цвет, за исключением маленьких пластических шариков, погруженных в этот темный материал. При появлении солнца крыша нагревается, маленькие белые шарики расширяются по закону Бойля-Мариотта и выходят на поверхность под действием силы Архимеда. Материал покрытия станет белым. При охлаждении шарики уменьшаются в объеме и погружаются в слой материала.

Что произойдет, если в слое будут шарики красного, зеленого и другого цвета? Если их изготовить разного веса и объема, то при разных температурах и освещенности поверхность будет изменять свои спектральные характеристики. В зависимости от количества полученной энергии на поверхность будут "всплывать" шарики какого-либо одного цвета.

Таким образом, найдено несколько оригинальных решений. Осуществлено прогнозирование изменения объекта познания. Использованы многие законы физики, причем при решении "задействованы" будущие химики-технологи, материаловеды, специалисты по рекламе, специалисты, изучающие свойства поверхности материалов и экологи. Интерес к проблеме у экологов весьма очевиден. Данным методом можно моделировать изменение свойств подстилающей поверхности в различные времена года (осенью, зимой, весной и летом количество энергии, поглощенной и отраженной поверхностью Земли, изменяется). Изменение цвета материала в течение дня представляет интерес для разработчиков рекламных щитов.

В ходе обсуждения проблемы сформулированы конкретные цели. Для их достижения, кроме отмеченных законов, необходимо измерить коэффициенты поглощения и отражения, энергию, поглощенную и отраженную слоем. Реальную значимость приобретают понятия абсолютно черного и серого тел, законы Вина и Планка, закон Стефана-Больцмана. Для их изучения создается виртуальная лабораторная установка (устройство) с применением FLASH- или иных программных средств (их последние версии позволяют эффективно моделировать многие физические явления), с учетом описанных в литературе аналогов и методов моделирования [4,5].

Рассмотренная тема тесно связана с актуальной проблемой преобразования солнечной энергии кремниевыми батареями [6]. В этом натурно-виртуальном проекте исследуются световые, вольтамперные и другие характеристики фотоэлектрических преобразователей.

Обязательным условием выполнения проекта является маркетинг и дизайн основных узлов и деталей лабораторной установки. Например, если для анализа явления теплового излучения применяется пирометр или пироэлектрический кристалл, то изучается не только их устройство, технические характеристики, но и фирма-производитель этой продукции, ее конкуренты.

Трудно переоценить значение подобных примеров для ПОО, а также для инновационного и элитного образования. Стратегия управления знаниями в данном случае направлена на то, чтобы кроме обучения основным законам физики, создавать новую стоимость, реализованную в интеллектуальном продукте, самих студентах, исключить потери от не использованных интеллектуальных активов [7]. В университетах ряда стран Европы студенты младших курсов, изучая явление, создают реальные изделия. Ассортимент и цена некоторых из изделий дана в [8].

Общая примерная схема управления знаниями и взаимодействия между этапами создания нового продукта в условиях проблемно-ориентированного и элитного обучения приведена на рисунке.




***Рисунок.*** *Структурная схема и основные элементы проблемно-ориентированного и элитного обучения*

Ясно, что описание данной схемы в словесном виде занимает не одну страницу. Однако "интеллектуальный взор" охватывает все сразу. Например, виртуальное, объемное представление движения частицы в магнитном поле в трех традиционно разных ситуациях ($B$=const, $dB/dz<0$, $dB/dz>0$, где $z$ – направление движения частицы, $B$ – индукция магнитного поля), требует меньшего времени для анализа и действия над системой. Основной смысл состоит в том, что студенты должны самостоятельно создать магнитные поля нужной конфигурации, применяя различные системы источников этих полей.

Применение рассматриваемых методик весьма полезно для любой темы курса физики при элитном образовании. Например, расчет коэффициентов вязкости, переноса энергии по стандартной технологии на лекциях требует для усвоения значительно большего времени, нежели в виртуальном представлении в виде движения двух слоев газа, молекулы которого обмениваются импульсами и энергией. При анализе этого проекта рассматриваются следующие вопросы обучающего технологического свойства (они связаны с выполнением предыдущего задания).

Какова физическая сущность возникновения сил трения между слоями идеального газа. Найдите аналогии в других разделах курса физики. Примените их. Есть ли преимущества? Каковы они и можно ли произвести технологические действия над этой физической системой? В каких случаях нужно усилить (ослабить) обмен импульсами между слоями? Имеет ли это практическое значение? Найдите примеры. Какие преобразования можно осуществить? Как коэффициент внутреннего трения зависит от:

1. Концентрации молекул: а) в случае разреженных газов; б) в случае газов высокого давления; в) при нормальных условиях.
2. От длины свободного пробега молекул: а) в случае разреженных газов; б) в случае плотных газов. Почему величина (1/3) в формуле коэффициента внутреннего трения $\eta$ является приближенной? Почему для ее уточнения требуется применение распределения Максвелла, и чему равно уточненное значение. В каком случае учитываются неупругие столкновения между молекулами? Коэффициент $\eta$ зависит от температуры как $\sqrt{T}$. Почему данная зависимость от температуры является приближенной. Длина свободного пробега обратно пропорциональна $\sqrt{2}$. Чему равен более точный коэффициент? При определении $\eta$ вводятся приближения, связанные с тем, что толщина слоя выбирается по величине, равной длине свободного пробега $\lambda$. Возможны ли иные ситуации? Можно ли распространить данную методику на другие агрегатные состояния вещества? Результаты изучения приводятся в виртуальном виде.

Чтобы избежать суммирования методических погрешностей при использовании выбранных приближений, применяют относительное определение всех коэффициентов (теплопроводности, диффузии, вязкости), описывающих явления переноса. Для предыдущего проекта необходимо уметь определять теплоемкость и коэффициент теплопроводности слоя материала с шариками, поэтому важно осуществить данную методику в натурно-виртуальном виде.

Каждый проект снабжается отдельным файлом с краткой информацией по протоколам обсуждения его выполнения членами творческой "бригады". Исследования, выполненные одной группой, передаются другой группе. В проектах, рассмотренных в статье, результаты по послойному переносу тепловой энергии в материале, учитываются при расчете изменения объема шариков с изменением температуры.

Подведем итоги. Показано, что принципы организации творческой работы студентов, рассмотренные в статье, могут быть применены для элитного образования по схеме ПОО. Предложенная

структурная схема и элементы проблемно-ориентированного и элитного обучения позволяют разрабатывать конкретные методики создания виртуальных приборов для любой темы физического практикума. Результаты изучения явлений в натурно-виртуальном виде доказывают, что данный метод адаптирует знания и намечает пути к их интегрированию.

В заключение выражаю благодарность профессору И.П. Чернову за плодотворные дискуссии при обсуждении схем внедрения ПОО в учебный процесс.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Похолков Ю.П., Вайсбурд Д.И., Чубик П.С. Элитное образование в традиционном техническом университете // Элитное техническое образование: Труды Междунар. конф. в рамках симпозиума. – Томск, 2003. – С. 6–8.
2. Похолков Ю.П., Чучалин А.И., Агранович Б.Л., Соловьев М.А. Инновационное инженерное образование: содержание и технологии // Инновационный университет и инновационное образование: модели, опыт, перспективы: Труды Междунар. симп. – Томск, 2003. – С. 9–10.
3. Диксон Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решения. – М.: Мир, 1969. – 79 с.
4. Poprawski R., Salejda W. Stefan-Boltzman Law Set-up for Students Laboratory // Физическое образование в вузах. – 1998. – Т. 4. – № 3. – С. 79–81.
5. Чернов И.П., Ларионов В.В. и др. Компьютеризированные лабораторные работы III-его поколения по физике как основа информационных технологий элитного образования // Современные технологии обучения СТО-2003: Матер. IX Междунар. конф. – СПб, 2003. – Т. 1. – С. 193–194.
6. Непомнящих А.И., Красин Б.А., Васильева Е.И. и др. Кремний для солнечной энергетики // Известия Томского политехнического университета. – 2000. – Т. 300. – № 2. – С. 176–181.
7. Гапоненко А.Л. Управление знаниями. – М.: ИПК Госслужбы, 2001. – 52 с.
8. http://www.docfizzix.com